

955705

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-131683

(43)Date of publication of application : 20.05.1997

(51)Int.Cl. B25J 13/08

B25J 13/00

G01B 11/00

(21)Application number : 07-315775 (71)Applicant : FANUC LTD

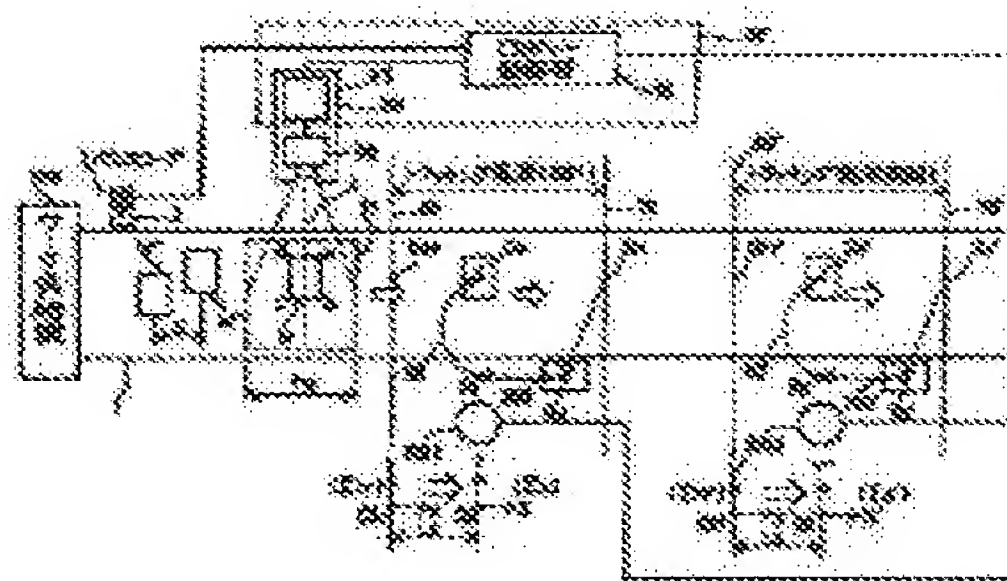
(22)Date of filing : 10.11.1995 (72)Inventor : ARIMATSU TARO

(54) VISUAL SENSOR-ROBOT SYSTEM FOR MAKING A PLURALITY OF ROBOTS PERFORM TRACKING ACTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To allocate the work including a tracking action to a plurality of robots and process it concerning workpieces which are supplied at random interval.

SOLUTION: A conveyor 1 for workpiece supplied from a workpiece supply source 100 is driven in a drive section 2, and its travel amount is detected by a pulse coder 3. A visual sensor VS including a picture image processing device 20 and a camera 30 having visual field 31 obtains picture image at a specified interval by utilizing output of the pulse coder 3, detects deviation from a reference position of each workpiece W (a to d), and writes workpiece



data in workpiece cue. A robot control section 10 of a robot controller RC checks the schedule of operation of a robot RB1 or RB2, and makes reservation of operation. The reserved robot RB1 (RB2) starts tracking operation from P0 (P0') for a workpiece which arrives the vicinity of line 60 (60'). Grip work due to tracking operation which is accompanied by positional compensation is done between scopes 60 and 70 (60' and 70'). The robot RB1 (RB2) stores the gripped workpiece W into a storage section 200 (200') and returns to P0 (P0').

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-131683

(43) 公開日 平成9年(1997)5月20日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
B 2 5 J	13/08		B 2 5 J	13/08	A
	13/00			13/00	A
G 0 1 B	11/00		G 0 1 B	11/00	H

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平7-315775

(22) 出願日 平成7年(1995)11月10日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 有松 太郎

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

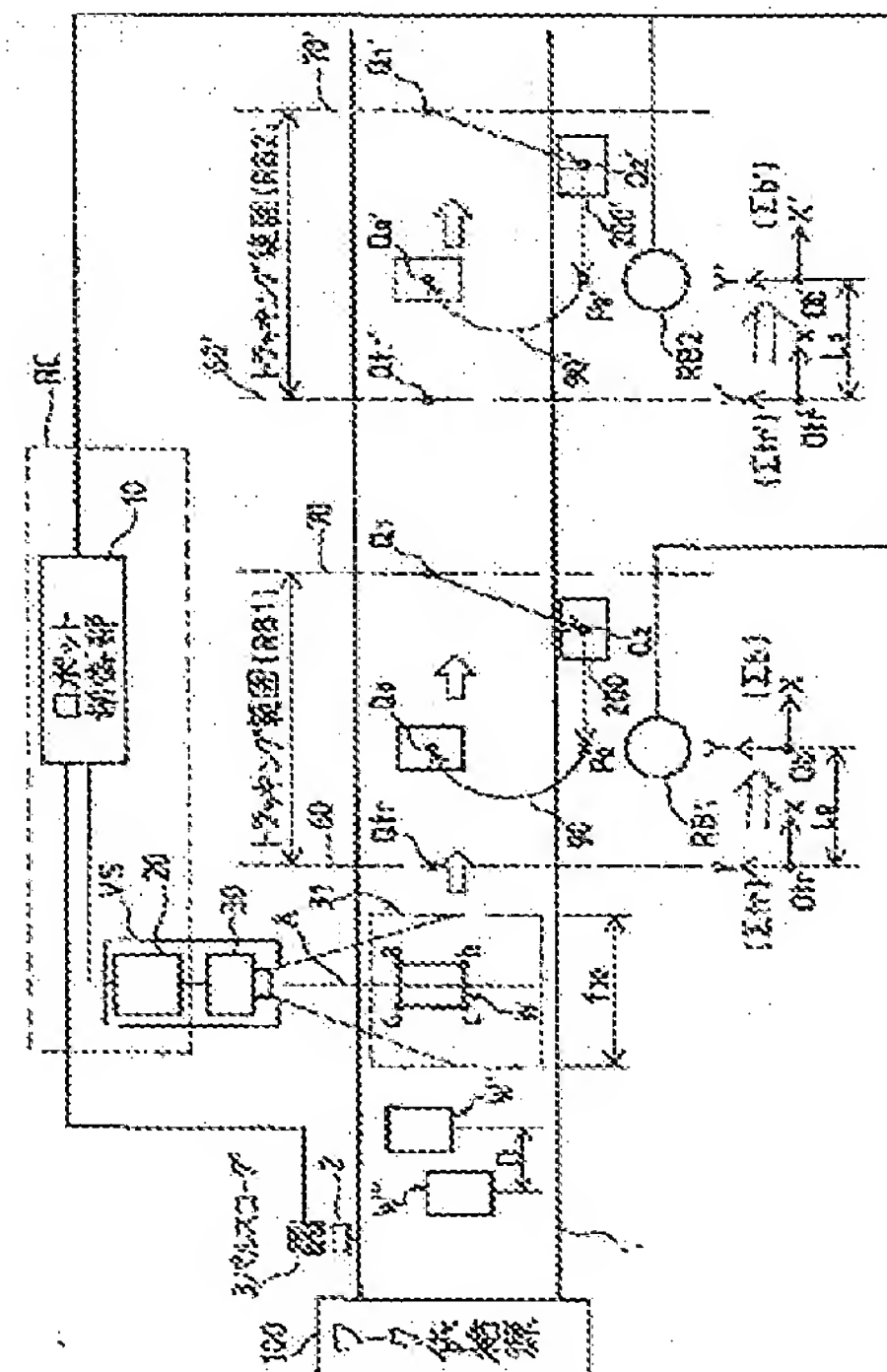
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

(54) 【発明の名称】 複数のロボットにトラッキング動作を行なわせるための視覚センサ・ロボットシステム

(57) 【要約】

【課題】 ランダムな間隔で供給されるワークについて、複数台のロボットにトラッキング動作を含む作業を割り振って処理すること。

【解決手段】 ワーク供給源100からの供給ワークのコンベア1は駆動部2で駆動され、その移動量はパルスコード3で検出される。画像処理装置20と視野31を持つカメラ30を含む視覚センサVSは、パルスコード3の出力を利用して所定間隔で画像を取得し、各ワークW(a~d)の基準位置からのずれを検出し、ワークキューにワークデータを書込む。ロボットコントローラR.Cのロボット制御部10は、ロボットRB1またはRB2の動作予定をチェックして、動作予約を行なう。予約されたロボットRB1(RB2)は、ライン60(60')付近に到来したワークに対してP0(P0')からトラッキング動作を開始する。位置補正を伴うトラッキング動作による把持作業は、範囲60~70(60'~70')間で行なわれる。ロボットRB1(RB2)は、把持したワークWを取納部200(200')に取納し、P0(P0')へ戻る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 経時的に供給される多数の対象物を搬送する手段の走行量を検出する走行量検出手段と、前記対象物を認識する視覚センサと、前記搬送手段の搬送路の近傍に配置された複数のロボットと、前記視覚センサの出力に基づいて前記対象物毎にロボットの動作予約を行なうロボット予約手段と、前記動作予約に従って前記複数のロボットを制御するロボット制御手段を備えた、複数のロボットにトラッキング動作を行なわせるための視覚センサ・ロボットシステムであって、

前記視覚センサは、前記搬送経路上に視野を持つカメラ手段と、前記カメラ手段に撮影を行なわせて前記対象物を含む画像を取得する手段と、前記取得された画像を処理して前記対象物の位置に関する情報を取得する画像処理手段を備え、

前記ロボット予約手段は、前記視覚センサによって取得された前記対象物の位置に関する情報と、先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報に基づいて、トラッキング動作を含む作業を実行可能なロボットを前記複数のロボットの中で指定する手段を備え、

前記ロボット制御手段は、前記対象物の各々について、前記ロボット予約手段によって指定されたロボットに、前記視覚センサによって取得された対象物の位置に関する情報を用いて補正されたトラッキング動作を含む作業を実行させる手段を備えている、

前記複数のロボットにトラッキング動作を行なわせるための視覚センサ・ロボットシステム。

【請求項2】 経時的に供給される多数の対象物を搬送する手段の走行量を検出する走行量検出手段と、前記対象物を認識する視覚センサと、前記搬送手段の搬送路の近傍に配置された複数のロボットと、前記視覚センサの出力に基づいて前記対象物毎にロボットの動作予約を行なうロボット予約手段と、前記動作予約に従って前記複数のロボットを制御するロボット制御手段を備えた、複数のロボットにトラッキング動作を行なわせるための視覚センサ・ロボットシステムであって、

前記視覚センサは、前記搬送経路上に視野を持つカメラ手段と、前記カメラ手段に撮影を行なわせて前記対象物を含む画像を取得する手段と、前記取得された画像を処理して前記対象物の位置に関する情報を取得する画像処理手段を備え、

前記ロボット予約手段は、前記視覚センサによって取得された前記対象物の位置に関する情報と、先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報に基づいて、トラッキング動作を含む作業を実行可能なロボットを前記複数のロボットの中で指定する手段を備えており、

前記ロボット制御手段は、前記対象物の各々について、前記ロボット予約手段によって指定されたロボットに、

前記視覚センサによって取得された対象物の位置に関する情報を用いて補正されたトラッキング動作を含む作業を実行させる手段を備え、

前記ロボット予約手段は、更に、

先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報の書き込みと読み出しが可能な予約テーブルと、

前記視覚センサによって取得された前記対象物の位置に関する情報と前記複数のロボットの各々について設定された動作範囲に関する情報に基づいて、当該対象物に対する作業について要求されるロボットの要動作期間を前記複数のロボットの内の少なくとも一つについて求める手段と、

前記要動作期間を表わす情報と前記予約テーブルに書き込まれている前記先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報とを対照し、前記少なくとも一つのロボットについて予約の適否を判断する手段と、

該予約が適当であると判断された場合に、前記要動作期間を前記予約テーブルに書き込む手段を備え、

前記ロボット制御手段は、前記予約されたロボットが前記視覚センサによって取得された対象物の位置に関する情報を用いて補正されたトラッキング動作を含む作業の完了時に、予約テーブルに書き込まれた予約内容をクリアする手段を備えている、

前記複数のロボットにトラッキング動作を行なわせるための視覚センサ・ロボットシステム。

【請求項3】 前記ロボット予約手段は、更に、前記複数のロボットのいずれも指定出来なかった場合に、エラー信号を出力する手段を備えている、請求項1または請求項2に記載された複数のロボットにトラッキング動作を行なわせるための視覚センサ・ロボットシステム。

【請求項4】 前記視覚センサは、更に、前記搬送手段が所定距離を走行したことを表わす検出出力が前記走行量検出手段から与えられる毎に前記画像取得と画像処理を実行する手段を備え、

前記所定距離は、前記搬送経路に沿った前記視野の長さから前記搬送経路に沿ったに前記対象物の長さを差し引いた距離を下回らず、且つ、ほぼ等しくなるように予め定められている、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載された複数のロボットにトラッキング動作を行なわせるための視覚センサ・ロボットシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数のロボットにトラッキング動作を行なわせるための視覚センサ・ロボットシステムに関し、更に詳しく言えば、ベルトコンベアのような搬送手段によって移動中の対象物（例えば、組立ワーク）の位置を視覚センサを用いて認識し、その結果に基づいて補正されたトラッキング動作を複数のロボ

ットに行なわせるようにした視覚センサ・ロボットシステムに関する。本発明は、特に、高い供給頻度でランダムにコンベア搬送される多数の物品に対するトラッキング動作が要求されるアプリケーション（例えば、部品、食品等の物品のパッキング）に適用して有効なものである。

【0002】

【従来の技術】工場や流通センターの作業ラインにおいては、作業対象物となるワークがコンベアで次々と作業位置に搬送されて来るシステムが幅広く採用されている。このようなワーク（対象物）に対してロボットを用いて作業を実行する方式には、コンベアを間欠駆動する方式と連続駆動する方式とがあるが、作業効率の観点から後者の方法が用いられるケースが多くなっている。

【0003】コンベアで連続搬送されるワークに対する作業をロボットに行なわせる場合には、視覚センサとロボットを組み合わせたシステムが広く利用されている。視覚センサは、ロボットの作業位置（トラッキング範囲）の上流側でワークの画像を取得し、これを解析してワーク位置（必要に応じて、ワーク姿勢を含む。以下、同じ。）を求める。求められたワーク位置を表わすデータ（基準位置からのずれを表わすデータ）は、ロボットのトラッキング動作の補正に用いられる。

【0004】図1は、このような方式を採用した視覚センサ・ロボットシステムの概略を説明するための図である。同図において、符号1はワーク供給源100に接続された直線搬送コンベアを表わしており、その駆動軸は駆動部2に内蔵されたモータによって駆動される。この駆動軸乃至駆動モータの回転量はパルスコード3によってパルス列の形で出力される。符号4、4'は、ワークを検出するセンサであり、コンベア1上に載置されて搬送されて来るワークWを検出位置50で検出する。センサ4、4'には例えば光学式のものが使用される。

【0005】符号VSは、画像処理装置20とカメラ30（例えば、CCDカメラ）から構成される視覚センサを表わしており、符号31はカメラ30の視野を表わしている。図中に破線で示したように、画像処理装置20はロボットコントローラRCに内蔵された形態をとっている。ロボットコントローラRCは、ロボット制御部10を有し、このロボット制御部10は内蔵された画像処理装置20からワークWの位置・姿勢を表わす検出信号を得てロボットRBの制御に利用する。また、ロボットコントローラRCはセンサ4、4'並びにパルスコード3に接続されており、前者の検出信号はワークWの到来の認識に利用され、後者の出力はワークWの搬送位置乃至搬送量の認識に利用される。

【0006】今、ロボットRBの動作として、(1)ワークWが予め設定されたトラッキング開始ライン60に到達した時点から、P0を初期位置とするトラッキング動作を開始し、(2)教示位置付近のQ0でワークWと

遭遇し、(3)ワークWがトラッキング終了ライン70（位置Q1）に到達するまでにワークWに対する把持作業を完了してコンベア1から離れ、(4)ワーク収納部200上の収納位置Q2でワークWを放し、(5)初期位置P0へ戻る、という動作を考えると、この動作の実行手順は例えば次のようなものとなる。

【0007】コンベア1上に供給されたワークWがセンサ4、4'による検出位置に到来すると、センサ4、4'から検出信号が出力され、その時点におけるパルスコード計数出力値NsがロボットコントローラRC内に記憶される。ワークWが更に移動して予め教示された撮影位置（ラインAの位置）に到来すると、カメラ30による撮影が実行されてその画像が画像処理装置20に取り込まれる。

【0008】カメラ30による撮影のタイミングは、パルスコード計数出力値Nsからのインクリメンタル量を監視することで決定される。このインクリメンタル量は、スケールファクタ α を媒介にして、センサ4、4'による検出位置から撮影位置（ラインAの位置）までの距離を表わす量となっている。

【0009】取得された画像は、画像処理装置20内で処理され、ワークWの位置・姿勢を認識する。ワークWの位置・姿勢の認識は、例えばワークW上の特徴点a、b、c、dなどの位置を認識し、予め準備作業時に作成された基準画像データと比較して基準位置からのずれ量を求め、結果を表わすデータをロボット制御部10へ伝達することで達成される。

【0010】次に、パルスコード計数出力値NのNsからのインクリメンタル量がワークWのトラッキング開始位置（ライン60）への到達を表わす値となったならば、トラッキング座標系 Σ_{tr} （ $O_{tr}-x-y$ ）の移動を開始させ、その直後にトラッキング座標系上でロボットRBの移動（トラッキング動作）を開始させる。ここで、トラッキング座標系 Σ_{tr} とはコンベアと等速度で同方向に移動するように設定された座標系のこと、その初期位置はベース座標系 Σ_b よりも距離L0だけ上流側に原点を持ち、且つ、そのx軸がベース座標系 Σ_b のX軸とともに、コンベア1の走行方向と一致するように設定される。ここで、距離L0は教示点Q0の位置とトラッキング開始ライン60までの距離とされる。

【0011】ロボットRBの移動経路は、トラッキング座標系 Σ_{tr} 上で教示経路を実現する形で行なわれるが、補間計算周期で繰り返される移動目標位置の計算にあたっては、視覚センサVSで検出されたずれ量を補償するようにロボット位置（通常、姿勢も含む）の補正が行われる。

【0012】移動速度を適当な値に教示しておけば、ロボットRBはほぼ図1に符号90で示したような曲線軌道に沿ってワークWに接近し、トラッキング範囲内の適当な位置Q0でワークWに追いつくことになる。なお、

直線軌道80は、仮にベース座標系 Σb ($O_b - XY$)上でロボットRBを制御した場合の移動経路の例を表わしている。

【0013】ワークWに追いついてからは、トラッキング範囲で把持作業を完了し、ライン70上の位置Q1でトラッキング動作を終了し、コンベア1から離れ、ワーク収納部200への収納位置Q2でワークWを放し、初期位置P0へ復帰する。

【0014】このようなシステムの一つの問題点は、図1中にワークW'、W''で例示したような短い間隔Dを含むランダムな間隔でワークが供給された場合、ロボットRBが1台しか配備されていないために、後続するワークW''に対するトラッキング動作の実行が困難になるということである。この問題を回避するために従来とられてきた方策には、次のようなものがある。

1. ランダムな間隔で供給されるワークをなんらかの整列手段を用いて整列（搬送方向あるいはそれに垂直な方向について）させた後、複数のロボットでこれ进行处理する方法。この方法を用いると、整列手段、その制御手段等が必要となり、システムを簡素化する上で好ましくない。

2. ランダムな間隔で供給されるワークを1台のロボットで可能な限り処理し、処理出来なかったワークを1台目のロボットの下流側で再検出し、これを1台目のロボットの下流側に配備した2台目以降のロボットで処理する方法。この方法を用いるとワークの再検出手段が必要となり、やはりシステムを簡素化する上で好ましくない。

【0015】ロボットの上流側でワークの位置を検出するための機構としては、上述した例のように、カメラ30を備えた視覚センサVSとその上流側でワークを事前検出するセンサ4、4'を組み合わせたものの他に、これを改良し、カメラ30の上流側での事前検出を不要（従って、センサ4、4'は不要。）としたシステムも提案されている。

【0016】この改良型のワーク位置検出方式は、ワークの供給頻度が高い場合に画像取得・処理を効率的に行えるという利点を有しているが、1台のロボットの処理能力を越えた頻度でワーク供給がなされた場合には、せき止め機構等の整列手段を用いたり、1台目のロボットの下流側でワークの再検出を行わなければならないという点にかわりはない。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解決することにある。即ち、本発明は、コンベア上のランダムな位置に載置され、1台のロボットの処理能力を越える可能性があるランダムな間隔で供給される対象物に対して、ロボットのトラッキング動作を伴う作業を手際よく実行することが出来る視覚センサ・ロボットシステムを提供することにあ

る。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明は、視覚センサによる対象物の検出結果に基づいて対象物毎にロボットの動作予約を行なうロボット予約手段をシステムに組み入れ、動作予約に従ってワーク毎に指定されているロボットに当該ワークに関する作業を実行させるようにすることで、上記技術課題を解決したものである。

【0019】本発明に従ったシステムで使用される視覚センサは、搬送経路上に視野を持つカメラ手段と、カメラ手段に撮影を行なわせて対象物を含む画像を取得する手段と、取得された画像を処理して対象物の位置に関する情報を取得する画像処理手段を備える。

【0020】また、ロボット予約手段は、視覚センサによって取得された対象物の位置に関する情報と、先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報に基づいて、トラッキング動作を含む作業を実行可能なロボットを複数のロボットの中から選んで指定する手段を備える。

【0021】そして、ロボット制御手段は、対象物の各々について、ロボット予約手段によって指定されたロボットに、視覚センサによって取得された対象物の位置に関する情報を用いて補正されたトラッキング動作を含む作業を実行させる手段を備えている。

【0022】好ましい実施形態において、ロボット予約手段は、更に、先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報の書き込みと読み出しが可能な予約テーブルと、視覚センサによって取得された前記対象物の位置に関する情報と複数のロボットの各々について設定された動作範囲に関する情報に基づいて、当該対象物に対する作業について要求されるロボットの要動作期間を複数のロボットの内の少なくとも一つについて求める手段と、要動作期間を表わす情報と予約テーブルに書き込まれている前記先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報とを対照し、前記少なくとも一つのロボットについて予約の適否を判断する手段と、該予約が適当であると判断された場合に、前記要動作期間を前記予約テーブルに書き込む手段を備え、また、ロボット制御手段は、予約されたロボットが視覚センサによって取得された対象物の位置に関する情報を用いて補正されたトラッキング動作を含む作業の完了時に、予約テーブルに書き込まれた予約内容をクリアする手段を備えている。ロボット予約手段は、更に、複数のロボットのいずれも指定出来なかった場合にエラー信号を出力する手段を備えていることが好ましい。

【0023】また、視覚センサによる対象物の認識に関しては、搬送手段が所定距離を走行したことを表わす検出出力が走行量検出手段から与えられる毎に画像取得と画像処理を実行する手段を用いることが出来る。すべてのワークについて確実な認識を可能にするためには、カ

メラによる撮影間隔を表わす所定距離を、搬送経路に沿ったカメラ視野の長さから搬送経路に沿った対象物の長さを差し引いた距離を下回らず、且つ、ほぼ等しくなるように予め定めることが適当である。

【0024】

【作用】本発明の視覚センサ・ロボットシステムの最も重要な特徴は、視覚センサによる対象物の検出結果に基づいて対象物毎にロボットの動作予約を行なうロボット予約手段を導入したことにより、動作予約に従ってワーク毎に指定されているロボットに当該ワークに関する作業を実行させることが可能になった点である。

【0025】視覚センサは、搬送経路上に視野を持つカメラ手段によって、対象物を含む画像を取得し、取得された画像を処理して対象物の位置に関する情報を取得する。

【0026】ロボット予約手段は、視覚センサによって取得された対象物の位置に関する情報と、先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報に基づいて、トラッキング動作を含む作業を実行可能なロボットを複数のロボットの中から選んで指定する。

【0027】そして、ロボット制御手段は、対象物の各々について、ロボット予約手段によって指定されたロボットに、視覚センサによって取得された対象物の位置に関する情報を用いて補正されたトラッキング動作を含む作業を実行させる。

【0028】好ましい実施形態においては、先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報は予約テーブルに設定されたメモリ領域に書き込まれる。一方、視覚センサによって取得された対象物の位置に関する情報と複数のロボットの各々について設定された動作範囲に関する情報に基づいて、当該対象物に対する作業について要求されるロボットの要動作期間が複数のロボットの内の少なくとも一つについて求められる。

【0029】そして、要動作期間を表わす情報と予約テーブルに書き込まれている前記先行して検出された対象物に対するロボット予約内容に関する情報とが対照され、前記少なくとも一つのロボットについて予約の適否が判断される。該予約が適当であると判断された場合には、その要動作期間が予約テーブルに書き込まれる。

【0030】また、予約テーブルに書き込まれた予約内容は、その予約で指定されたロボットが所要の作業を完了した時点でクリアされる。更に、システムに無理がある場合（例えば、対象物の供給頻度が過大である場合）に備えて、ロボット予約手段が複数のロボットのいずれも指定出来なかった場合にエラー信号を出力するようにしても良い。

【0031】視覚センサによる対象物の認識方式は、一般には任意であり、視覚センサのカメラによる撮影タイミング等を決定するために、視覚センサの上流側で対象物の事前検出を行なう方式（図1で説明した方式）を用

いることが出来る。しかし、対象物の事前検出を行わない方式を採用することも出来る。この方式を採用する場合には、搬送手段が所定距離を走行したことを表わす検出出力が走行量検出手段から与えられる毎に画像取得と画像処理が実行される。

【0032】その際、すべてのワークについて確実な認識を可能にするためには、カメラによる撮影間隔を表わす所定距離を、搬送経路に沿ったカメラ視野の長さから搬送経路に沿った対象物の長さを差し引いた距離を下回らず、且つ、ほぼ等しくなるように予め定めることが適当である。この方式を採用した視覚センサ・ロボットシステムは、対象物の事前検出を行なう手段が不要であり、また、対象物の供給頻度が高い場合に撮影と画像処理の回数を減らすことが出来る利点がある。

【0033】

【発明の実施の形態】図2は、本発明に係る視覚センサ・ロボットシステムの全体配置の概要を図1と同様の形式で表わしたもので、対応し合う要素の指示には適宜共通の符号を用いた。ここに示した本実施形態では、トラッキング動作を行なうロボットは2台（RB1, RB2）であり、また、ロボットのトラッキング動作のためのワーク位置検出について、前述の改良型の方式（視覚センサのカメラの撮影タイミングを定めるための事前検出は行なわず。）が採用されている。

【0034】同図に示されているように、多数のワークを経時的に供給するワーク供給源100に接続された直線搬送コンベア1の駆動軸は、駆動部2に内蔵されたモータによって駆動される。この駆動軸あるいは駆動モータの回転量はパルスコード3によってパルス列の形で出力される。

【0035】符号VSは、画像処理装置20とカメラ30（例えば、CCDカメラ）から構成される視覚センサを表わしており、符号31はカメラ30の視野を表わしている。図中に破線で示したように、画像処理装置20はロボットコントローラRCに内蔵された形態をとっている。

【0036】ロボットコントローラRCは、2台のロボットRB1, RB2のためのロボット制御部10を有している。このロボット制御部10は、内蔵された画像処理装置20からワークW, W', W''...の位置を表わすデータを得るとともに、パルスコード3の計数出力値Nを利用して、2台のロボットRB1, RB2のいずれにトラッキング動作を行なわせるかの指定（予約）を行い、指定されたロボットのトラッキング動作を制御する。

【0037】図3は、ロボットコントローラRCの内部構成の概略を要部ブロック図で示したものである。同図において、ロボットコントローラRCに内蔵された画像処理装置20はマイクロプロセッサからなるCPU（中央演算処理装置）21を有しており、CPU21にはカ

メラインターフェイス22、フレームメモリ(画像メモリ)23、プログラムメモリ24、画像処理プロセッサ25、データメモリ26、モニタインターフェイス27がバスBS”を介して各々接続されている。

【0038】カメラインターフェイス22にはカメラ30が接続されており、カメラインターフェイス22を介して撮影指令が送られると、カメラ30に設定された電子シャッター機能(シャッタースピードは、例えば1000分の1秒)により撮影が実行され、カメラインターフェイス22を介して映像信号がグレイスケール信号の形でフレームメモリ23に格納される。モニタインターフェイス27にはモニタCRT40が接続されており、カメラ30が撮影中の画像、フレームメモリ23に格納された過去の画像、画像処理プロセッサ25による処理を受けた画像等が必要に応じて表示される。

【0039】フレームメモリ23に格納されたワークWの映像信号は、プログラムメモリ24に格納された解析プログラムに従って画像処理プロセッサ25を利用して解析され、ワークWの位置が求められる。ここでは、ワークWは図2中に符号a, b, c, dで示したように、4点の特徴点を有しているものとし、これら4点のすべてが検出された場合に、それに基づいてワークの姿勢が計算されるものとする。

【0040】データメモリ26は、視覚センサシステムに関連した各種の設定値を格納する領域、CPU21が実行する各種処理に必要なデータの一時記憶に利用される領域の他に、求められたワークW, W', W" . . . の位置を表わすデータ(各ワークの代表点a~dのデータ)を後述する態様で格納する領域(ワークキュー)を含んでいる。

【0041】そして、CPU21はロボットコントローラRC内部でバスBSを介して次に説明するロボット制御部10のCPU11にバス結合されている。これにより、視覚センサ20全体は実質的にロボット制御部10と一体の機器として構成される。即ち、本実施形態では、符号10, 20を含む全体が視覚センサ内蔵型のロボットコントローラRCを構成している。

【0042】ロボット制御部10は、バスBSを介して画像処理装置20のCPU21とバス結合されたCPU11を有している。このCPU11には、ROM12、RAM13、不揮発性メモリ14、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)用データメモリ17、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)18が、各々バスBS'を介して接続されている。ROM12には、システム全体を制御する為のプログラムが格納され、RAM13はCPU処理のためのデータの一時記憶に使用されるメモリである。

【0043】不揮発性メモリ14には、各ロボットRB1, RB2のための動作プログラム、座標系設定データ、その他各種設定パラメータ等の他に、後述する態様

でロボットRB1, RB2の予約(トラッキング動作の割り振り指定)を行うためのプログラムが格納される。

【0044】DSP18はパルスコーダ3の計数出力信号を処理する為のプロセッサで、DSP用データメモリ17はDSP18による諸処理データや設定パラメータを格納するDSP専用のメモリである。DSP18は、CPU11の命令に従って、任意の時点においてパルスコーダ3の計数出力を検出し、DSP用データメモリ17の所定エリアに書き込む機能を有している。また、画像処理装置20のCPU21からも、CPU11を介してDSP用データメモリ17にアクセス可能となっている。

【0045】更に、本実施形態におけるロボット制御部10は、2台のロボットRB1, RB2を制御するために、軸制御器以下について2系統でバスBS'に接続されている。コンベア1の上流側のロボットRB1については、軸制御器15、サーボ回路16を介して、ロボットRB1の機構部に接続され、同下流側のロボットRB2については、軸制御器15'、サーボ回路16'を介して、ロボットRB2の機構部に接続されている。

【0046】以下、このような視覚センサ・ロボットシステムを用いてトラッキング動作を伴う作業を実行するための準備作業及び処理手順について説明する。なお、画像処理装置20のプログラムメモリ24、データメモリ26及びロボット制御部10内の各メモリには、予め必要な処理を実行する為のプログラム及び関連設定データが格納済みであるものとする。

【0047】また、トラッキングの動作手順は、ロボットRB1, RB2の各々について、図1の関連説明で述べた動作と同様のものとする。即ち、上流側のロボットRB1に関しては、(1)ワークがトラッキング開始ライン60に到達した時点から、P0を初期位置とするトラッキング動作を開始し、(2)教示位置付近の点Q0でワークと遭遇し、(3)ワークがトラッキング終了ライン70(位置Q1)に到達するまでにワークに対する把持作業を完了し、(4)コンベア1から側方に離隔してワーク収納部200上の収納位置Q2でワークを放し、(5)初期位置P0へ戻る、という動作を考える。

【0048】同様に、下流側のロボットRB2に関しては、(1)ワークがトラッキング開始ライン60'に到達した時点から、P0'を初期位置とするトラッキング動作を開始し、(2)教示位置付近の点Q0'でワークと遭遇し、(3)ワークがトラッキング終了ライン70'(位置Q1')に到達するまでにワークに対する把持作業を完了し、(4)コンベア1から側方に離隔してワーク収納部200'上の収納位置Q2'でワークを放し、(5)初期位置P0'へ戻る、という動作を考える。

【0049】これら動作は、視覚センサVSによって位置を求めたワークの一つ一つのワークについて、ロボット制御部10内で作業を担当するロボット(RB1ある

いはRB2)が予約された後に、予約内容に従って実行される。以下、システムを動作させるための準備作業からシステム動作時の処理までの概要を、順を追って説明する。

【0050】[準備作業]

(1) スケールファクタの決定

従来と同様の下記手順により、コンベア1の走行距離1とパルスコード3の計数出力(インクリメンタル量 ΔN)との関係を表わすスケールファクタ $\alpha = 1/\Delta N$ を求める。

1. ロボットRB1(またはRB2)の動作範囲の位置にワークWをセットし、その時のパルスコード3の計数出力N1をロボット制御部10のDSP用データメモリ17に格納する。

2. ロボットRB1(またはRB2)を手動操作して、ワークW上の適当な定点にタッチし、その時のロボット位置(X1, Y1, Z1)をDSP用データメモリ17に格納する。

【0051】3. コンベア1を適当な距離だけ走行させ、ロボットRB1(またはRB2)の動作範囲内の適当な位置にワークWを停止させ、その時のパルスコード3の計数出力N2をDSP用データメモリ17に格納する。

4. ロボットRB1(またはRB2)を手動操作してワークW上の適当な定点にタッチし、その時のロボット位置(X2, Y2, Z2)をDSP用データメモリ17に格納する。

【0052】5. ロボットコントローラRCに、 $\alpha = (X2 - X1) / (N2 - N1)$ の計算を行わせてスケールファクタ α を求め、ロボット制御部10の不揮発性メモリ14と画像処理装置20のデータメモリ26に格納する。

【0053】(2) センサ座標系 Σ_s の設定

適当な手段により、視覚センサVSにセンサ座標系 Σ_s を設定する。例えば、ベース座標系 Σ_b 上の座標値が判っている位置に公知のキャリブレーション用治具を配置し、画像処理装置20のプログラムメモリ24に格納されたキャリブレーション用のプログラムを起動させ、カメラ30の画素値データをセンサ座標系 Σ_s のデータに換算する為のデータを画像処理装置20のデータメモリ26に格納する。また、その結果を利用して、センサ座標系 Σ_s とロボットRB1のベース座標系 Σ_b 及びロボットRB2のベース座標系 $\Sigma_{b'}$ の関係を表わすデータをロボット制御部10の不揮発性メモリ14に格納する。

【0054】(3) カメラ30の視野31内のコンベア1上にワークWをセットし、その時点におけるパルスコード計数出力値Nvsをロボット制御部10のDSP用データメモリ17と画像処理装置20のデータメモリ26に格納する。また、カメラ30による撮影を実行し、ワークWの画像を基準画像として取り込み、フレームメモ

リ23に格納する。

【0055】(4) コンベア1を走行させ、ロボットRB1にトラッキング動作を開始させるに適した位置(ライン60上)にワークWが到達したら、コンベア1を停止させる。そして、その時点のパルスコード計数出力値N60と先に記憶したNvsとの差(インクリメンタル量) $\Delta N60 - vs = N60 - Nvs$ を計算して、DSP用データメモリ17に格納する。

【0056】(5) コンベア1を再び更に走行させ、ロボットRB1がワークWに対する作業を開始するに適した位置にワークWをもって来る。そして、その時点のパルスコード計数出力値Ntcと先に記憶したNvsから $\Delta Ntc - vs = Ntc - Nvs$ を計算して、DSP用データメモリ17に格納する。

【0057】(6) ロボットRB1に把持作業の実行に必要な動作を教示する。ここでは、その詳細は省略する。

(7) コンベア1を再び更に走行させ、ロボットRB1のトラッキング動作を終了させるに適した位置(ライン70上)にワークWをもって来て、コンベア1を停止させる。そして、その時点のパルスコード計数出力値N70と先に記憶したNvsから $\Delta N70 - vs = N70 - Nvs$ を計算し、結果をDSP用データメモリ17に格納する。

【0058】上記(4)~(7)と同様の手続きはロボットRB2についても下記(8)~(11)の手順で実行される。

(8) コンベア1を更に走行させ、ロボットRB2にトラッキング動作を開始させるに適した位置(ライン60'上)にワークWが到達したら、コンベア1を停止させる。そして、その時点のパルスコード計数出力値N60'と先に記憶したNvsとの差(インクリメンタル量) $\Delta N60' - vs = N60' - Nvs$ を計算し、DSP用データメモリ17に格納する。

【0059】(9) コンベア1を再び更に走行させ、ロボットRB2がワークWに対する作業を開始するに適した位置にワークWをもって来る。そして、その時点のパルスコード計数出力値Ntc'と先に記憶したNvsから $\Delta Ntc' - vs = Ntc' - Nvs$ を計算し、DSP用データメモリ17に格納する。

【0060】(10) ロボットRB2に把持作業の実行に必要な動作を教示する(詳細は省略)。

(11) コンベア1を再び更に走行させ、ロボットRB2のトラッキング動作を終了させるに適した位置(ライン70'上)にワークWをもって来て、コンベア1を停止させる。そして、その時点のパルスコード計数出力値N70'と先に記憶したNvsから $\Delta N70' - vs = N70' - Nvs$ を計算し、結果をDSP用データメモリ17に格納する。

【0061】(12) ロボットRB1のためのトラッキング座標系 Σ_{tr} の設定

ロボットRB1とコンベア1の座標系の共有化を行なう為に、トラッキング座標系 Σ_{tr} を次の条件で設定する。なお、ここではX軸がコンベアの走行方向と一致したベース座標系 Σ_b が設定済みであるものとする。即ち、トラッキング座標系 Σ_{tr} はベース座標系 Σ_b と同姿勢で設定され、トラッキング座標系 Σ_{tr} が移動を開始するまでの原点位置 $(X0, Y0, Z0)$ は、

$$X0 = -L0$$

$$Y0 = 0$$

$$Z0 = 0$$

であり、トラッキング座標系 Σ_{tr} 上での座標値 (x, y, z) とベース座標系 Σ_b 上での座標値 (X, Y, Z) の変換関係は、

$$x = X - L0$$

$$y = Y$$

$$z = Z$$

で表わされるものとする。但し、 $L0$ は教示点 $Q0$ の位置とトラッキング開始ライン60までの距離である。そこで、 $L0$ の値を確定するために、既に求められたスケールファクタ α 、 $\Delta N60$ -vs、 ΔNtc -vsを用いて、 $L0 = \alpha (\Delta Ntc\text{-vs} - \Delta N60\text{-vs})$ を計算し、トラッキング座標系 Σ_{tr} を既述するパラメータとして、ロボット制御部10の不揮発性メモリ14に格納する。

【0062】トラッキング座標系 Σ_{tr} をこのように設定することで、ロボットRB1を初期位置にあるトラッキング座標系 Σ_{tr} 上で動作させた時、教示点 $Q0$ の位置をトラッキング開始ライン60上の点 Q_{tr} として認識する。

【0063】トラッキング座標系 Σ_{tr} は、トラッキング動作開始指令を受けてコンベア1と等速でx軸方向(=X軸方向)へ移動を開始する。トラッキング座標系 Σ_{tr} の移動量は、後述するように、パルスコード計数出力値Nの変化量とスケールファクタ α に基づいてリアルタイムに決定される。

【0064】ロボットRB2についても同様にトラッキング座標系 Σ_{tr}' の設定が下記のように実行される。

(13) ロボットRB1のためのトラッキング座標系 Σ_{tr}' の設定

ロボットRB2とコンベア1の座標系の共有化を行なう為に、トラッキング座標系 Σ_{tr}' を次の条件で設定する。ロボットRB1の場合と同じく、X軸がコンベアの走行方向と一致したベース座標系 Σ_b' が設定済みであるものとする。即ち、トラッキング座標系 Σ_{tr}' はベース座標系 Σ_b' と同姿勢で設定され、トラッキング座標系 Σ_{tr}' が移動を開始するまでの原点位置 $(X0', Y0', Z0')$ は、

$$X0' = -L0'$$

$$Y0' = 0$$

$$Z0' = 0$$

であり、トラッキング座標系 Σ_{tr}' 上での座標値 (x', y', z') とベース座標系 Σ_b' 上での座標値 (X', Y', Z') の変換関係は、

$$x' = X' - L0'$$

$$y' = Y'$$

$$z' = Z'$$

で表わされるものとする。但し、 $L0'$ は教示点 $Q0'$ の位置とトラッキング開始ライン60'までの距離である。そこで、 $L0'$ の値を確定するために、既に求められたスケールファクタ α 、 $\Delta N60'$ -vs、 $\Delta Ntc'$ -vsを用いて、 $L0' = \alpha (\Delta Ntc'\text{-vs} - \Delta N60'\text{-vs})$ を計算し、トラッキング座標系 Σ_{tr}' を既述するパラメータとして、ロボット制御部10の不揮発性メモリ14に格納する。

【0065】トラッキング座標系 Σ_{tr}' をこのように設定することで、ロボットRB2を初期位置にあるトラッキング座標系 Σ_{tr}' 上で動作させた時、教示点 $Q0'$ の位置をトラッキング開始ライン60'上の点 Q_{tr}' として認識する。

【0066】ロボットRB2のためのトラッキング座標系 Σ_{tr}' は、ロボットRB1のためのトラッキング座標系 Σ_{tr} と同じく、トラッキング動作開始指令を受けてコンベア1と等速でx軸方向(=X軸方向)へ移動を開始する。また、トラッキング座標系 Σ_{tr}' の移動量は、パルスコード計数出力値Nの変化量とスケールファクタ α に基づいてリアルタイムに決定される。

【0067】(14) ロボットRB1、RB2の担当を計画し、予約するためのスケジュールダイアグラムの関連設定値や、ロボットRB1、RB2の動作予約のための予約テーブルを構成するレジスタの設定を行なう(スケジュールダイアグラム、予約テーブルの詳細は後述)。

(15) その他、後述する処理でアクセスされるレジスタの設定、視野31の長さ、撮影間隔を調節するパラメータ、エラー信号出力の基準値などの設定を行なう($w, f30, \epsilon1, \epsilon2$ 等)。

【0068】以上で、トラッキング実行の為に準備作業が完了する。次に、図4以下を参照図に加えて、トラッキングによる本作業実行時のCPU処理について説明する。処理は視覚センサVS側の処理と、ロボット制御部10側の処理に大別される。本実施形態では、ロボットRB1とロボットRB2のいずれかを指定する作業割り振りの処理は、ロボット制御部10側で行なわれる。これら処理はタスク処理として並行的に実行される。先ず、図5に示した視覚センサVS側の処理の概要を述べる。なお、以下の説明は次の(1)~(3)の前提の下で行なう。

【0069】(1) w は視覚センサVSによる位置検出結果のデータ格納が完了し、且つ、作業担当ロボット(RB1/RB2)が未指定であるワークの数を表わす

指標値であり、その初期値は当然 $w=0$ である。

(2) 供給されるワークWの姿勢にはばらつきがあり、図5に示したように、このばらつきを考慮してコンベア1の搬送方向に沿って測ったワークWの長さの最大値を s_0 とする。

(3) カメラ30の視野31はコンベア1の全幅をカバーし、また、ワークWがコンベア1の幅方向にはみ出した状態で供給されることはないものとする。従って、ワーク像がコンベア1の幅方向にはみ出ることはない。

【0070】ロボット制御部10と画像処理装置20内で行なわれる処理は、ワーク供給源100がコンベア1上へのワーク供給を開始したことを知らせる適当な外部信号を受けて、同時に開始される。画像処理装置20のCPU21は先ず撮影指令を出力し、カメラ30による撮影を実行し、取得した画像をフレームメモリに格納するとともに(ステップS1)、画像取得時のパルスコード計数出力値N30をDSP用メモリ17とデータメモリ26に格納する(ステップS2)。

【0071】更に、ステップS1で取得した画像をプログラムメモリ24に格納された解析プログラムを用いた解析を行い、先ず最下流のワークの検出を試みる(ステップS3)。最下流のワークの検出に成功(a, b, c, d全点検出)しなかった場合には(ステップS4でノー)、ステップS5以下へ進み、次回撮影に備える態勢に入る。即ち、ステップS5では、パルスコード計数出力値Nを短周期で繰り返しチェックし、最新の画像取得時からのコンベア移動量 $\alpha(N-N30)$ が $f30-\epsilon_1$ ($\epsilon_1 > 0$)を越えるのを待つ(ステップS5)。

【0072】ここで ϵ_1 は、相前後して取得される2つの画像間に撮影漏れとなる領域が生じないようにするだけでなく、すべてのワークについていずれかの撮影機会においてa, b, c, dの全点が検出されることを基本的に保証するための調整値である。従って、 ϵ_1 は上述したワーク最大長 s_0 を下回らない条件で、ほぼ最小に定められる。

【0073】例えば、視野長100.0cm、 $s_0 = 5.0$ cmとした時、 $\epsilon_1 = 5.1$ cm~6.0cmとする。 ϵ_1 を必要以上に大きくすることは、二重撮影領域(相前後して撮影される画像に重なって含まれる領域)が大きくなり、効率上好ましくない。尚、一つのワークに対して相前後して撮影される画像から2回の検出が行なわれる可能性があるが、このような可能性に対しては、後述する二重検出データ破棄の処理によって対処する(後述、ステップS9~S11参照)。

【0074】ステップS5でイエスの判定が出されたならば、コンベア移動量 $\alpha(N-N30)$ が $f30-\epsilon_1+\epsilon_2$ を越えていないこと、及び処理終了信号が出力されていないことを確認した上で(ステップS6、S7)、ステップS1へ戻り、次回の撮影/画像取り込み、N30の記憶(ステップS2)、画像処理(ステップS3)を順

次実行する。

【0075】ステップS5の判定式に含まれる ϵ_2 は、次回撮影にかかろうとする時点で既にコンベア移動量が過大となり、すべてのワークについていずれかの撮影機会においてa, b, c, dの全点が検出されることを基本的に保証するための二重撮影領域を形成出来ない状態に至っていないかどうかを判定するための調整値で、本処理では $0 < \epsilon_2 \leq \epsilon_1 - s_0$ に設定される。但し、 $\epsilon_1 = s_0$ とした場合には、 $\epsilon_2 = 0$ となるので、このステップS6は不要になる。

【0076】このステップS6でイエスの判定が出力されるのは、コンベア速度が画像処理速度に比べて速すぎる場合、画像処理に異常に長い時間が費やされた場合などである。このようなケースは、システムが正常作動していないことを意味すると考えられるので、ステップS8へ進み、エラー信号を出力した上で処理を終了する。また、ステップS7でイエスの判定が出力されるのは、全ワークの撮影終了を表わす外部信号、ロボット側でエラー信号等が出力された場合などである。

【0077】ワークWが次々と視野内31に到達するようになると、ステップS4でイエスの判定が出力されるようになる。その場合には、ステップS9へ進み、位置検出の結果について、同一ワークの画像データの二重取得のチェックを行う。同一ワークの画像データの二重取得でないことが確認されたならば、検出結果を画像取得時のパルスコード計数出力値N30と対応付けて記憶し(ステップS10)、レジスタ値wの値を1カウントアップする(ステップS11)。

【0078】これに対して、同一ワークの画像データの二重取得と判断された場合には、検出結果のワークキューへの書込とレジスタ値wの1カウントアップを行わず(検出データ破棄)、直接ステップS12へ進む。

【0079】なお、二重書込データか否かのチェックは、今回のデータ(a, b, c, dの位置データと画像取得時のパルスコード計数出力値N30)と前回検出されてワークキューに書き込まれているデータ(a, b, c, dの位置データと画像取得時のパルスコード計数出力値N30)を比較することで達成される(後述するワークキューの構成を参照)。

【0080】もし、同一ワークの二重検出があれば、次の2つの条件が成立している筈である。

1. 前回検出時のパルスコード計数出力値N30と今回検出時のパルスコード計数出力値N30の差が、撮影間隔1回分のインクリメンタル計数値とほぼ一致していること。ステップS5から、後者の値としては、 $(f30-\epsilon_1)/\alpha$ が採用出来る。

2. 前回検出されたa, b, c, dの各位置と今回検出されたa, b, c, dの各位置との差が、いずれも $\gamma \times$ 撮影間隔を表わすパルスコード計数出力値インクリメンタル量と一致していること。即ち、前回検出されたa,

b, c, dの各位置と今回検出されたa, b, c, dの各位置との差が、 $r \times (f30 - \varepsilon1) / \alpha$ とほぼ一致していること。ここで、rは、センサ座標系上の距離とパルスコード計数出力値の換算計数であり、事前に設定される。

【0081】そこで、今回と前回の検出データについてのN30の差に関する不等式、

$$|N30(\text{今回}) - N30(\text{前回}) - (f30 - \varepsilon1) / \alpha| < \varepsilon3$$

(但し、 $\varepsilon3$ は小さな正の設定値)の成否をチェックし、また、a, b, c, dの位置の少なくとも一つについて、 $r \times (f30 - \varepsilon1) / \alpha$ との差の絶対値に関する不等式、例えば、

$$|a\text{の位置(今回)} - a\text{の位置(前回)} - r(f30 - \varepsilon1) / \alpha| < \varepsilon4$$

(但し、 $\varepsilon3, \varepsilon4$ は小さな正の設定値)の成否をチェックする。これらの結果から、同一ワークの二重検出の有無がチェック出来る。即ち、上記両不等式が同時成立した時のみ、同一ワークの二重検出がなされたと判断すれば良い。

【0082】さて、最下流のワークについての位置検出、二重検出チェック、記憶などが完了したら、同画像中の他のワーク画像の検出を試みる(ステップS12)。検出に成功したら(ステップS13でイエス)、ステップS9へ戻り、ステップS10～ステップS13の処理を再度実行する。また、検出に成功しなかったら(ステップS13でノー)、ステップS5以下へ進み、次の撮影タイミングを待つ。ステップS5～ステップS8の処理については既に述べた通りである。

【0083】以上説明した処理サイクル(ステップS1～S13)を処理終了まで繰り返すことで、システムが異常動作しない限り、すべてのワークについてa, b, c, dの位置を表わすデータが順次取得される。図6は、これらデータを記憶するワークキューの形式を説明する図で、各コラムは左から順に、ライン番号、ロボット指定指標u、ワークの代表点a～dの検出位置の基準値(前述した基準画像から得た値)からの偏差(正負符号付のずれ量)で表わしたデータ、そのデータに対応した画像取得時のパルスコード計数出力値N30を表わしている。

【0084】ロボット指定指標uは、ロボット指定済み/未定を表わす指標で、ワークデータ書き込み時には0が書き込まれる。そして、後述するロボット指定のための読み出しが行なわれたならば、u=1に更新される。ワークデータの書込は、行番号(N0)が若い順に行なわれ最終まで書き込まれたならば、第1行に次のワークデータが上書きされる。

【0085】ここに記した例では、5個のワークデータが書込済みで(w=5)、各ワークの位置偏差データ($\Delta xa1, \Delta ya1, \Delta xb1, \dots, \Delta xd5, \Delta yd5$)が

N30の値とともに書き込まれている。また、第1行及び第2行のワークデータは、後述するロボット指定のために読出済みである。画像取得時のパルスコード計数出力値N30の数値はあくまで例示であるが、1行目と2行目、及び4行目と5行目のN30がそれぞれ一致しているのは、同一の撮影機会で得られた画像中の2つのワーク画像について位置検出がなされたことを意味している。

【0086】次に、ロボット制御部10側で行なわれる処理の概要を説明する。ワーク供給開始を知らせる適当な外部信号を受けると、ロボット制御部10のCPU11はマルチタスク処理機能を用いて、ロボット予約処理と各ロボットのためのロボット動作処理を開始する。先ず、ロボット予約処理について、図7のフローチャートを用いて概略を説明する。なお、ステップR6, R7, R10, R11の処理については、概略説明の後で図8のスケジュールダイアグラムを用いて補足説明する。

【0087】図7のフローチャートにおいて、処理が開始されると直ちにレジスタ値w=0か否かを短周期で繰り返しチェックする態勢に入る(ステップR1)。上述した撮影とそれに続く画像処理装置20側の処理により、ワークの位置が検出されると、その結果が図6に示した形式で記憶されるとともに、指標値wがw≠0となる。

【0088】そこで、u=0(未読出)のデータの存在を確認した上で(ステップR2)、u=0のデータのうち最古に書き込まれたワーク1個分のデータを読み込む(ステップR3)。図6に記した例で言えば、第3行目のデータ[$\Delta xa3, \Delta ya3, \dots, \Delta yd3, 3465$]が読み込まれる。読み込みが完了したら、読み出された行のu値を0から1に更新する(ステップR4)。

【0089】次いで、読み出されたデータに基づいて、ロボットTR1の要動作期間を計算する(ステップR5)。ロボットTR1の要動作期間とは、もし当該ワークをロボットTR1で処理するとした場合にロボットTR1が使用される期間のことである。本実施形態では、コンベア1の搬送速度Vを既知の一定値と考え、要動作期間をパルスコード計数出力値Nの範囲として計算する(詳細後述)。

【0090】そして、ロボットRB1用に設定された予約テーブル(詳細後述)にアクセスし、ステップR5で計算された要動作期間と予約内容を照合し、ロボットRB1の予約の適否を判断する(ステップR6)。もし、予約が適当(可能)と判断したならば、ステップR5で計算された要動作期間をロボットRB1用の予約テーブルに書き込む(ステップR7)。

【0091】次いで、処理終了の必要性(運転終了指令、エラー信号などで判断)を判断した上で(ステップR8)、最初のステップR1へ戻り、再度ステップR1以下の処理を実行する。

【0092】もし、ステップR6でロボットRB1の予

約が不適当（不可能と判断したならば、ステップR 9へ進み、ステップR 3で読み出されたデータに基づいて、ステップR 5と同様に、ロボットTR 2の要動作期間を計算する。ロボットTR 2の要動作期間とは、もし当該ワークをロボットTR 2で処理するとした場合にロボットTR 2が使用される期間のことであり、その計算方法はロボットTR 1の場合と同様である（詳細後述）。

【0093】そして、ロボットRB 2の予約テーブル（詳細後述）にアクセスし、ステップR 9で計算された要動作期間と予約内容を照合し、ロボットRB 2の予約の適否を判断する（ステップR 10）。もし、予約が適当（可能）と判断したならば、ステップR 9で求めた要動作期間を予約テーブルに書き込む（ステップR 11）。ステップR 11からはステップR 8へ進み、処理終了の必要性（運転終了指令、エラー信号などで判断）を判断した上で、最初のステップR 1へ戻り、再度ステップR 1以下の処理を実行する。

【0094】万一、ステップR 10でロボットRB 2の予約が不適当（不可能と判断された場合には、コンベア1の搬送速度、ワークの供給頻度などが本システムの処理能力を越えているか、あるいはシステムの誤動作など異常が発生しているとみなし、エラー信号を出力して（ステップR 12）、処理を終了する。そして、コンベア1の搬送速度やワークの供給頻度の修正、システムの誤動作の修復等、必要な処置をとる。

【0095】以上がロボット予約処理の概略であるが、ステップR 6, R 7, R 10, R 11の処理について、図8（スケジュールダイヤグラム）及び図10（予約テーブル）を参照図に加えて補足説明する。図8のスケジュールダイヤグラムの横軸は時間経過を表わし、縦軸はコンベア1の搬送方向に沿った位置を表わしている。横軸、縦軸いずれも搬送コンベア1の搬送速度Vを既知の一定値（パルスコード3の計数出力の変化率とスケールファクタ α から算定可能）として、パルスコード計数出力値Nを用いた目盛りでされる。

【0096】縦軸における点Bは、ロボットRB 1が無理なく動作を開始し得る限界位置を表わしており、図2に記したトラッキング範囲の開始ライン60またはそのやや手前の位置に対応している。従って、ダイヤグラムの原点Oと点Bの距離を計数値で表わせば、 $N60 - N30 - \delta N$ となる。ここで、 δN はロボットRB 1の動作開始に余裕をもたせるために適当に設定される小さな計数値（ $\delta N \geq 0$ ）である。

【0097】また、点CはロボットRB 1が無理なく1サイクル分の動作を完了（P0へ復帰）し得る時点における計数値に対応している。ダイヤグラムの原点Oと点Cの距離を計数値で表わせば、 $N70 - N30 + N200$ となる。ここで、N200はロボットRB 1が、トラッキング動作完了後（ライン70の位置）を離れてから、ワークを収納部200に収め、初期位置P0に復帰するまでに

要する時間内にパルスコード3のインクリメンタル計数値あるいはそれより若干大きな値（動作に余裕をもたせるため）として設定される量である。

【0098】同様に、縦軸における点Dは、ロボットRB 2が無理なく動作を開始し得る限界位置を表わしており、図2に記したトラッキング範囲の開始ライン60'またはそのやや手前の位置に対応している。従って、ダイヤグラムの原点Oと点Dの距離を計数値で表わせば、 $N60' - N30 - \delta N'$ となる。ここで、 $\delta N'$ はロボットRB 2の動作開始に余裕をもたせるために適当に設定される小さな計数値（ $\delta N' \geq 0$ ）である。

【0099】また、点EはロボットRB 2が無理なく1サイクル分の動作を完了（P0'へ復帰）し得る時点における計数値に対応している。ダイヤグラムの原点Oと点Eの距離を計数値で表わせば、 $N70' - N30 + \Delta N200'$ となる。ここで、 $\Delta N200'$ はロボットRB 2が、トラッキング動作完了後（ライン70'の位置）を離れてから、ワークを収納部200'に収め、初期位置P0'に復帰するまでに要する時間内にパルスコード3が計数する計数値あるいはそれより若干大きな値（動作に余裕をもたせるため）である。これらロボットRB 1とRB 2の要動作範囲を規定するデータ（点B, C, D, Eを表わす計数値）は、前述した準備作業の（14）で実行される。

【0100】今、最初のワーク（W1とする）の搬送経過をg1で表わすと、g1は図示したような傾斜直線となる。横軸、縦軸のスケールを等しくとれば、その傾斜は45度となる。ワークの搬送距離を撮影基準位置（図2のラインAの位置）から測るものとすれば、直線g1が横軸と交わる点（計数値）NA1は、ワークW1を代表する点（例えば、点a, b, c, dの位置から計算される重心位置）が、ラインAを通過する時点（計数出力値）を表わしている。

【0101】例えば、ワークW1について検出されたワークデータが図6の第1行目に書き込まれている場合には、

$$NA1 = 2565 + (\Delta xy1 / \alpha)$$

となる。ここで、 α は設定済みのスケールファクタであり、 $\Delta xy1$ は $\Delta xa1, \Delta ya1, \dots, \Delta xd1, \Delta yd1$ から計算されるワークW1の重心位置の偏差である。もし、 $\Delta xa1 = \Delta ya1 = \dots = \Delta xd1 = \Delta yd1 = 0$ ならば（基準画像取得時と同じ位置で撮影）、 $\Delta xy1 = 0$ 、 $NA1 = 2565$ となる。

【0102】同様に、他の後続するワーク（W2, W3とする）についてのワークデータが図6に示したワークキューに順次書き込まれれば、それらワークW2, W3の搬送経過を表わすg2, g3について、横軸と交わる点（計数値）NA2, NA3を求めることが出来る。

【0103】上記したことから、ステップR 6の判断の手順は次のように行なわれる。

R6-1; ステップR3で読み出したワークデータからNAを求める。ワークW1については、NA1を求める。同様に、ワークW2のワークデータが読み出された場合にはNA2、ワークW3のワークデータが読み出された場合にはNA3を求める。

【0104】R6-2; NAから、ロボットRB1の要動作区間NB NC (NBとNC)を求める。上記した例で言えば、区間NB1NC1, NB2NC2あるいはNB3NC3を求める。

【0105】R6-3; 当該ワークデータに関して求められたロボットRB1の要動作期間が、予約期間に抵触するか否か予約テーブルにアクセスしてチェックする。ワークW1が最初に検出されたワークであるならば、ワークテーブルはクリアされた初期状態のまま(無予約)である。よって、判断出力はイエスである。

【0106】次のステップR7では、予約テーブル(RB1用)に区間NB1NC1のデータが書き込まれる。

【0107】図10には、各々予約期間が書き込まれた状態のRB1用並びにRB2用の予約テーブルを示した。各予約テーブルの1行目は、左から順に、ロボットの動作の完了(=0)/未完了(=1)を表わす指標、ワークデータ番号(図6のワークキューの行番号)、要動作区間の端点データNB, NC (RB1用)あるいはND, NEを書き込むためのものである。

【0108】書き込まれた数値はあくまで例示的なものであるが、次の予約内容を表わしている。

ロボットRB1; ワークキュー番号1のワークについて、要動作期間[4051~4551]が予約され、動作は未完了(第1コラム=1)である。

ロボットRB2; ワークキュー番号2のワークについて、要動作期間[4130~4630]が予約され、動作は未完了(第1コラム=1)である。

【0109】ここで、ワークW2がワークW1の直後に供給された場合(図8における直線g1とg2を参照)を考えると、ワークW2に関するステップR6で、RB1用のワークテーブルにアクセスした時点では、上記予約データが書き込まれており、且つ、ワークW2についてステップR5で計算される要動作期間と明らかに抵触する(図8において、直線g2が斜線領域を通過)。よって、ワークW2に関するステップR6の判断出力はノーとなる。

【0110】この場合は、図7のフローチャートに従いステップR9からR10へ進む。ステップR9の判断の手順は、次のように実行される。

R9-1; 既に求められているNAから、ロボットRB2の要動作区間NDNE (NDとNE)を求める。ここでは、ワークW2について区間NB2NC2を求める。

【0111】R9-2; ワークW2について求めたロボットRB2の要動作期間が、予約期間に抵触するか否か予約テーブルにアクセスしてチェックする。ワークW2

が2番目に検出されたワークであるならば、RB2用のワークテーブルはクリアされた初期状態のまま(無予約)である。よって、判断出力はイエスである。

【0112】そこで、次のステップR10では、予約テーブル(RB2用)に区間ND2NE2のデータが書き込まれる。図10のRB2用の予約テーブルは、この状態を例示している。また、図8のスケジュールダイアグラム中で砂地模様で指示した区間は、このワークW2について予約された期間を表わしている。

【0113】同様の考察から、直線g3で表わされる3番目のワークW3については、ステップR6の判断出力はイエスとなることが判る。何故ならば、直線g3は砂地模様の領域を通過しているが、斜線領域は通過していないからである。

【0114】最後に、図9のフローチャートを参照して、ロボット動作の処理について説明する。なお、2台のロボットRB1, RB2の動作は基本的に同じなので、RB2用の()書きを用いて、両者のための処理をまとめて説明する。

【0115】まず、教示点Q0 (またはQ0')の位置データを含む動作プログラムデータを読み込み(ステップH1)、予約テーブルを短周期で繰り返しチェックする態勢に入る(ステップH2)。上述した予約処理のステップR7で、ロボットRB1あるいはロボットRB2の予約期間が書き込まれると、ステップH2でイエスの判断出力が出され、ステップH3へ進む。

【0116】ステップH3では、ワークキューにアクセスし、予約テーブルで指定されている番号(行)のワークデータを読み込む。前述の例で言えば、ワークW1に関するデータ[Δxa1, Δya1...Δxc1, Δyd1, 2565]が読み込まれる。

【0117】次いで、パルスコード計数出力値Nが、 $N = \Delta N60 - v_s$ (ロボットRB2の場合には、 $\Delta N60' - v_s$ 。以下、同様。) + N30に到達するのを待つ態勢に入る(ステップH4)。上記ワークW1の例ではN30=2565である。

【0118】 $N = \Delta N60 - v_s$ ($\Delta N60' - v_s$) + N30というパルスコード計数出力値は、ワークがトラッキング開始ライン60 (または60')の位置に到達したことの目安となる計数値である。もし、当該ワークの撮影位置が基準画像を得た時のワーク位置と一致していれば、この値はそのワークがトラッキング開始ライン60 (または60')の位置に到達したことを正確に表わすことになる。

【0119】ステップH4でイエスの判断出力が得られたならば、直ちにトラッキング座標系Σtr (または、)上でロボットRB1 (またはRB2)の移動を開始させるとともに、トラッキング座標系Σtr (またはΣtr')の移動を開始させる(ステップH5)。ロボットRB1用(RB2用)のトラッキング座標系Σtr (Σtr')の

移動は、トラッキング Σtr ($\Sigma tr'$) の原点の位置 $[X_0, Y_0, Z_0]$ ($[X_0', Y_0', Z_0']$) を次式で表わされた位置に存在するものとする事で達成される。ここで、Nはパルスコード計数出力値Nの現在値である。

トラッキング Σtr の移動位置；

$$X_0 = -L_0 + \alpha \{N - (\Delta N_{60} - v_s + N_{30})\}$$

$$Y_0 = 0$$

$$Z_0 = 0$$

トラッキング座標系 Σtr が移動中の座標値の変換式は、

$$x = X - L_0 + \alpha \{N - (\Delta N_{60} - v_s + N_{30})\}$$

$$y = Y$$

$$z = Z$$

となる。

【0120】トラッキング $\Sigma tr'$ の移動位置；

$$X_0' = -L_0' + \alpha \{N - (\Delta N_{60}' - v_s + N_{30})\}$$

$$Y_0' = 0$$

$$Z_0' = 0$$

トラッキング座標系 $\Sigma tr'$ が移動中の座標値の変換式は、

$$x' = X' - L_0' + \alpha \{N - (\Delta N_{60}' - v_s + N_{30})\}$$

$$y' = Y'$$

$$z' = Z'$$

となる。

【0121】これにより、ロボットRB1 (またはRB2) のトラッキング動作が開始される。即ち、ロボットRB1 (またはRB2) は、トラッキング座標系 Σtr (または $\Sigma tr'$) 上で教示点を目指して移動を開始する。但し、補間動作で作成される補間点の位置は、ステップH3で読み込んだデータ (基準位置とのずれ量) に基づいて補正される。

【0122】移動開始時点における教示点位置は、トラッキング座標系 Σtr ($\Sigma tr'$) の初期位置の設定法から考えて、図2中に符号Qtr (Qtr') で示したように、トラッキング開始ライン60 (60') 上にある。そして、トラッキング座標系 Σtr ($\Sigma tr'$) の移動開始後には、この点Qtr (Qtr') をコンベア1の走行と同期移動させた点 (より正確に言えば、それを視覚センサのデータで補正した位置) を目指すようにロボットRB1 (RB2) の移動が行なわれる。その結果、ロボットRB1 (RB2) は、符号90, (90') で示したような曲線軌道を描いて移動する。

【0123】トラッキング範囲内でロボットRB (RB2) がワークに追いついたことが確認されると (ステップH6の判断出力がイエス)、教示済みのワーク把持作業がトラッキング座標系 Σtr ($\Sigma tr'$) 上で実行される (ステップH7)。

【0124】パルスコード計数出力値Nが $N = \Delta N_{70} - v_s$ ($\Delta N_{70}' - v_s$) + N30に到達したならば (ステップH8の判断出力がイエス)、ロボットRB1 (RB2) の

トラッキング座標系 Σtr ($\Sigma tr'$) 上での動作を終了させ、ワーク収納部200 (200') 上の教示点Q2 (Q2') への移動を開始する (ステップH9)。

【0125】教示点Q2 (Q2') へ到達したら、ワークの把持を解除して、ワークをワーク収納部200 (200') に収納する (ステップH10)。そして、ロボットRB1 (RB2) をQ2 (Q2') から初期位置P0 (P0') へ移動させ (ステップH11)、ロボットRB1 (RB2) 用の予約テーブルの予約データをクリアする (ステップH12)。例えば、ロボットRB1がワークW1の処理を完了した場合であれば、図10に示したRB1用の予約テーブルの各コラムに各々「0」を上書きする。

【0126】以上で1つのワークに対するロボットRB1 (またはRB2) の動作サイクルが完了する。そこで、システムの運転中止を要求する指令が出力されていない限り (ステップH13の判断出力がノー)、ステップH1へ戻り、次の検出ワークに対する処理を開始する。以下の処理は、上述した通りであるから、繰り返し説明は省略する。

【0127】以上、本発明をワークの把持・収納のアプリケーションに適用した実施形態について説明したが、本発明が搬送手段上で移動する対象に対するトラッキング動作を伴う他のアプリケーションについても用し得ることは明らかである。実施形態のシステム構成、データの処理・伝達方式についても、例えば次のような変形が可能である。

【0128】(1) 使用するロボットの台数；ロボットの使用台数を3台以上とすることも可能である。図8に示したスケジュールダイヤグラムの考え方は、ロボットの使用台数が何台であっても適用出来る。例えば、3台目のロボットRB3を使用する場合には、動作範囲B, C, D, Eの他に動作範囲F, G、ロボットRB3用の予約テーブルなどを新たに設定し、ロボットRB3についての要動作期間を計算する処理、ロボットRB3用の予約テーブルのチェック処理、書込処理、クリア処理等を追加すれば良い。

【0129】(2) 視覚センサ (画像処理装置) とロボット制御手段の分離；視覚センサVSをロボットコントローラRCとは別構成とし、両者を共通のプロトコルで動作する通信用インターフェイスを含む通信回線で結び、ワークデータ、指令データ等をやりとりする方式としても良い。

【0130】(3) ロボットの予約処理を視覚センサ側で分担；本実施形態では、ロボットの予約処理はロボット側で行なうようにしたが、これを視覚センサ側で行うようにしても良い。

【0131】(4) ロボット制御手段の構成；本実施形態では、2台のロボットを一つのロボット制御手段 (ロボット制御部10) で制御したが、ロボット毎に1台の

ロボットコントローラを使用しても良い。この場合には、1台の視覚センサ（画像処理装置）と各ロボットコントローラを通信回線で結ぶ方式とすることが好ましい。また、ロボットの予約処理を視覚センサ側で行い、その結果を必要に応じて各ロボットに伝えるようにすることが好ましい。

【0132】（5）視覚センサの検出方式の変更；本実施形態では、ワークの供給頻度が高いケースに適合したワーク検出方式として、上流側でワークの事前検出を行なわない方式を採用したが、これを図1で説明した旧来方式（上流側でワークの事前検出を行なう方式）を採用することも出来る。旧来方式を採用した場合でも、ワークキューに書き込まれたワークデータと搬送手段の走行量を表わすデータを利用して行なわれるロボットの予約以降の処理に基本的な変更を要しないことはこれまでの説明から明らかであろう。

【0133】

【発明の効果】本発明によれば、コンベア上のランダムな位置に載置され、ランダムな間隔で供給される対象物に対して、1台の視覚センサと複数台のロボットを組み合わせる用いることにより、トラッキング動作を伴う作業を合理的に分担して手際よく実行することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】1台のロボットを備えた視覚センサ・ロボットシステムの概略を説明するための図である。

【図2】本発明の実施形態の全体配置を図1と類似した形式で示したものである。

【図3】実施形態で使用されるロボットコントローラRCの内部構成の概略を要部ブロック図で示したものである。

【図4】本発明の実施形態において、画像処理装置側で行なわれる処理内容の概略を記したフローチャートである。

【図5】供給ワークWの最大長s0について説明する図である。

【図6】本発明の実施形態において、ワークの検出データを記憶するワークキューについて説明する図である。

【図7】本発明の実施形態におけるロボット予約処理について説明するフローチャートである。

【図8】ロボット予約処理の原理を説明するためのスケジュールダイアグラムである。

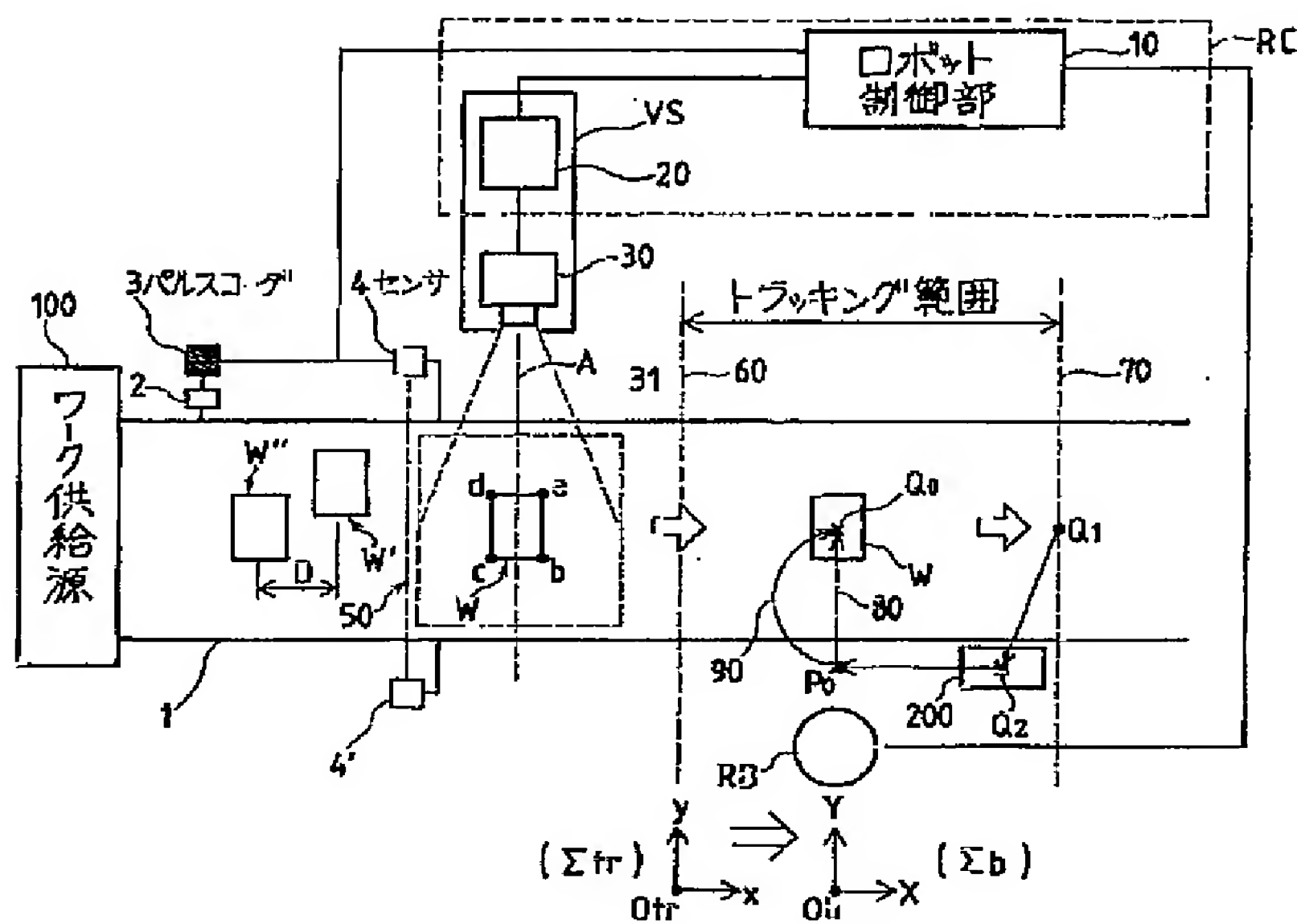
【図9】本発明の実施形態におけるロボット動作のための処理について説明するフローチャートである。

【図10】本発明の実施形態における2台のロボットのための予約テーブルを説明する図である。

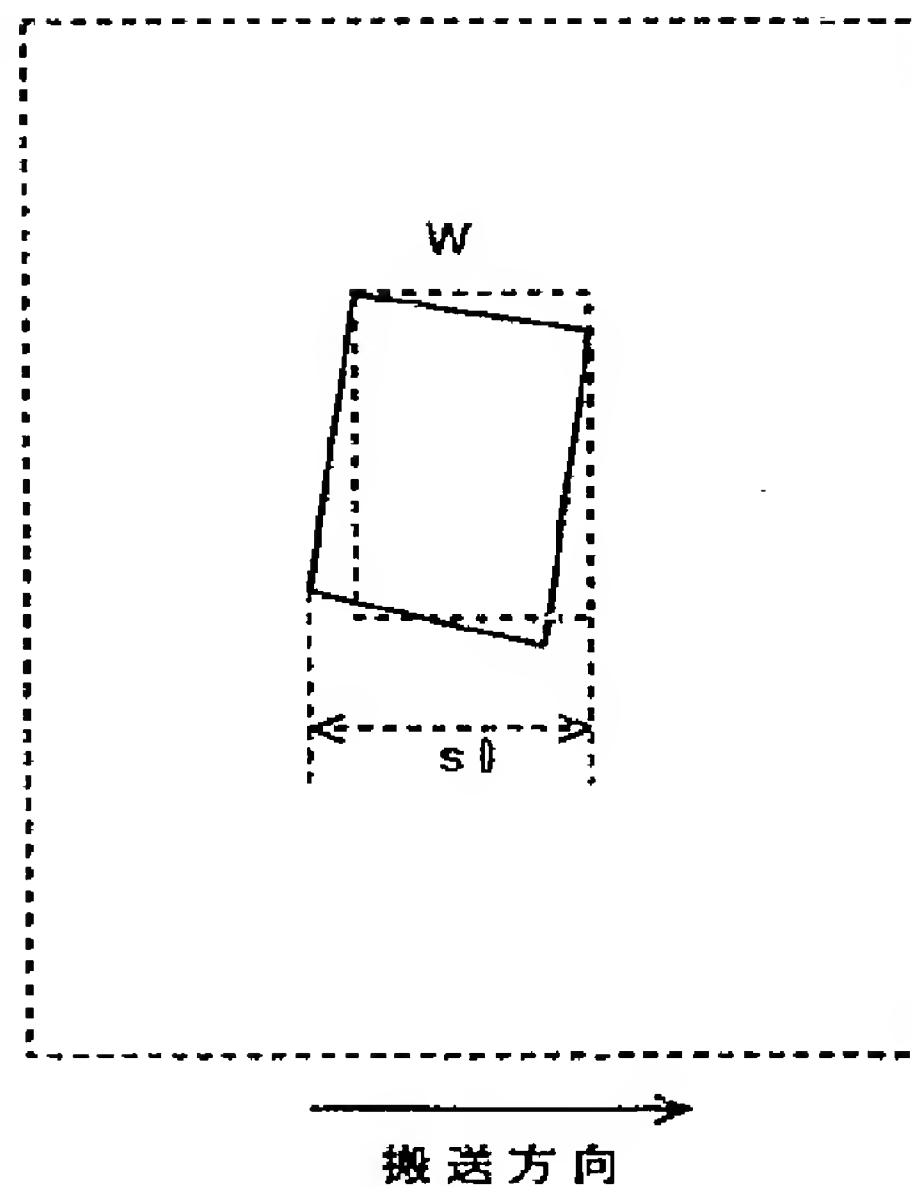
【符号の説明】

- 1 コンベア
- 2 コンベア駆動部
- 3 パルスコーダ
- 4, 4' センサ（事前検出）
- 10 ロボット制御部
- 11 CPU（ロボットコントローラ）
- 12 ROM
- 13 RAM
- 14 不揮発性メモリ
- 15, 15' 軸制御器
- 16, 16' サーボ回路
- 17 デジタルシグナルプロセッサ（DSP）用データメモリ
- 18 デジタルシグナルプロセッサ（DSP）
- 19 センサインターフェイス
- 20 画像処理装置
- 21 CPU（画像処理装置）
- 22 カメラインターフェイス
- 23 フレームメモリ
- 24 プログラムメモリ
- 25 画像処理プロセッサ
- 26 データメモリ
- 27 モニタインターフェイス
- 30 カメラ
- 31 視野
- 40 モニタCRT
- 50 検出位置ライン
- 60, 60' トラッキング開始ライン
- 70, 70' トラッキング終了ライン
- 80 直線軌道
- 90, 90' 曲線軌道
- 100 ワーク供給源
- 200, 200' ワーク収納部
- BS, BS', BS'' バス
- P0, P0' ロボット初期位置
- RB, RB1, RB2 ロボット
- RC ロボットコントローラ
- VS 視覚センサ
- W, W', W'' ワーク
- a, b, c, d ワークの特徴点

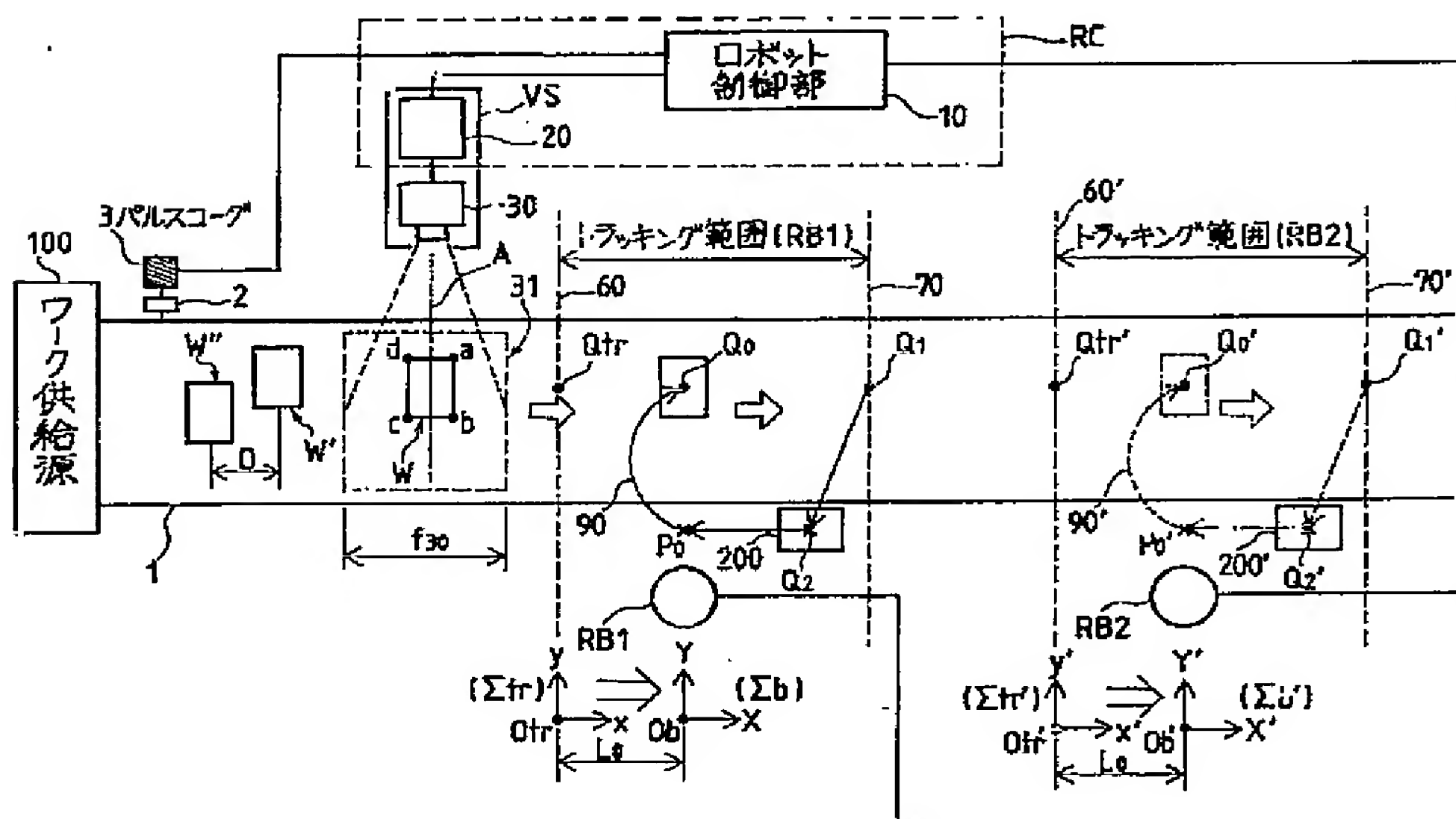
【図1】



【図5】



【図2】



【図10】

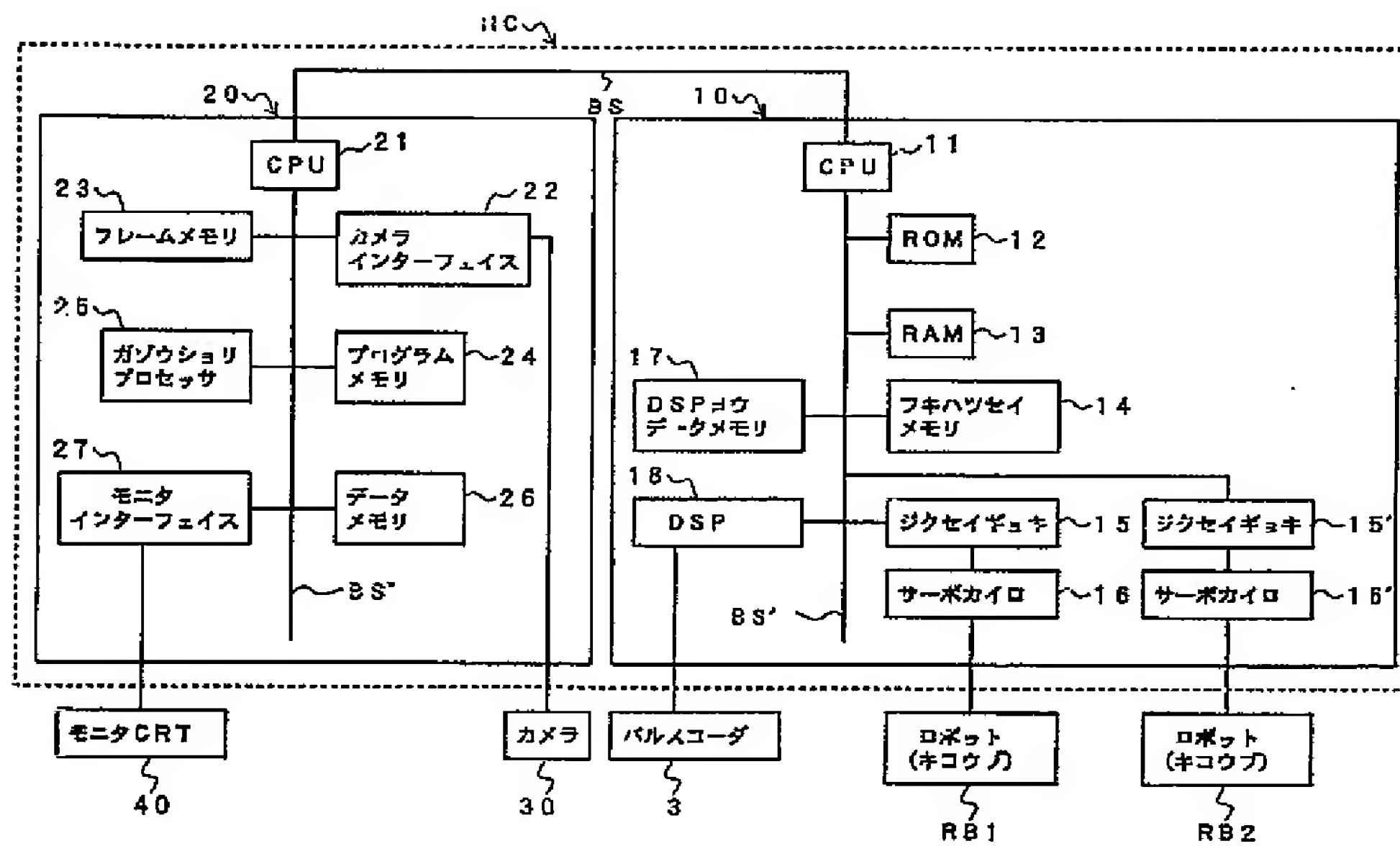
(RB1)

動作	ワークデータNO	ND	NE
1	1	4051	4551

(RB2)

動作	ワークデータNO	ND	NE
1	2	4130	4630

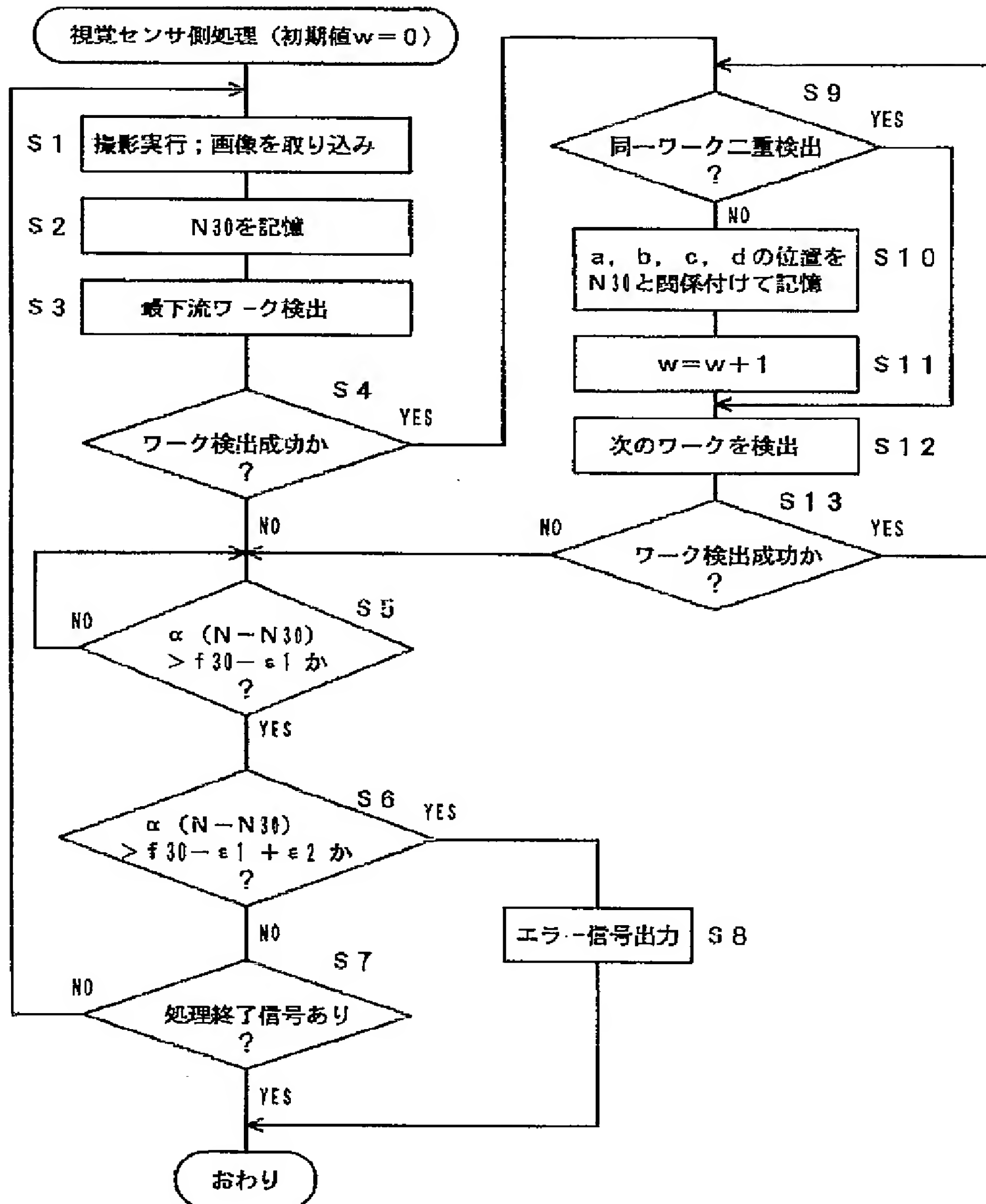
【図3】



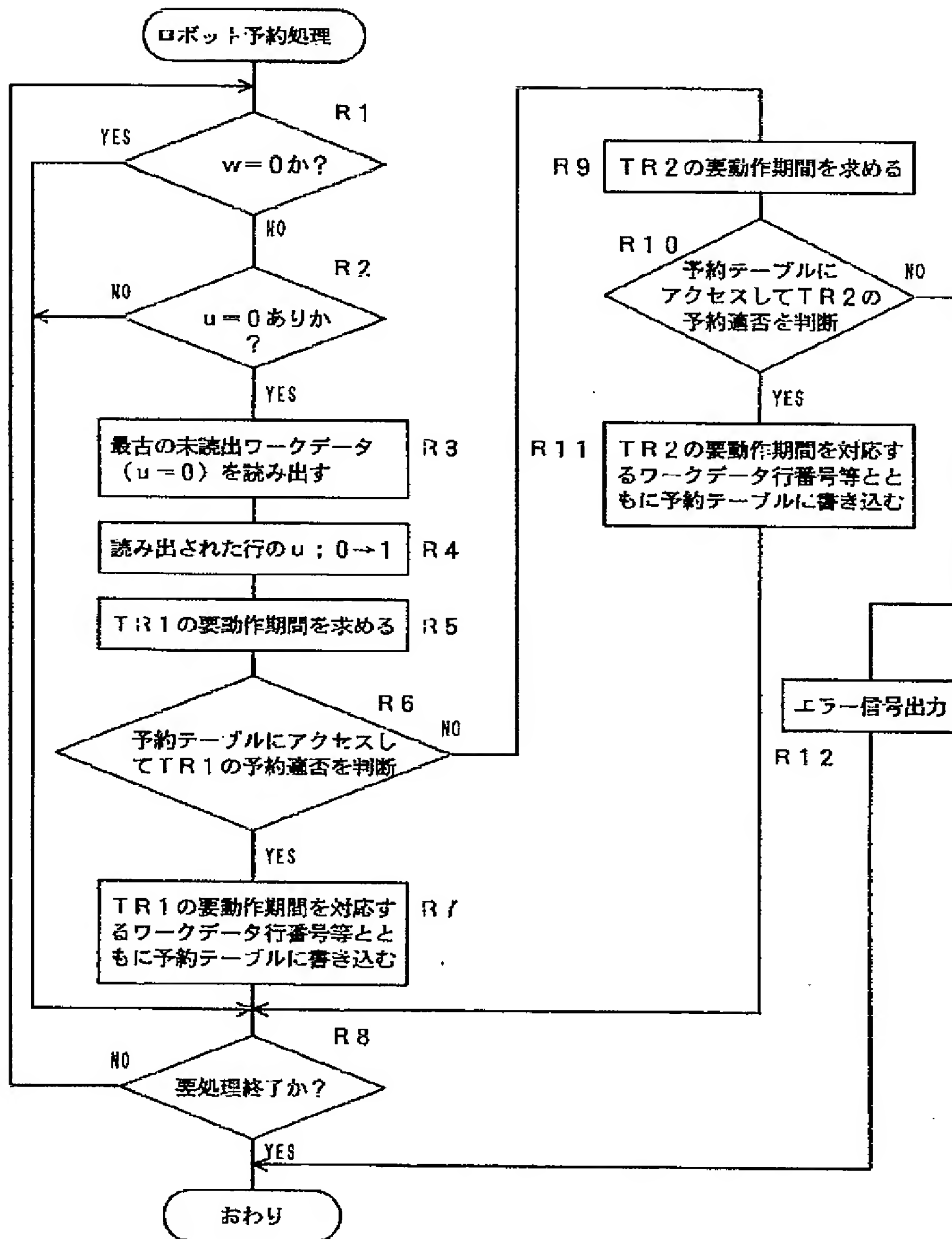
【図6】

[illegible]

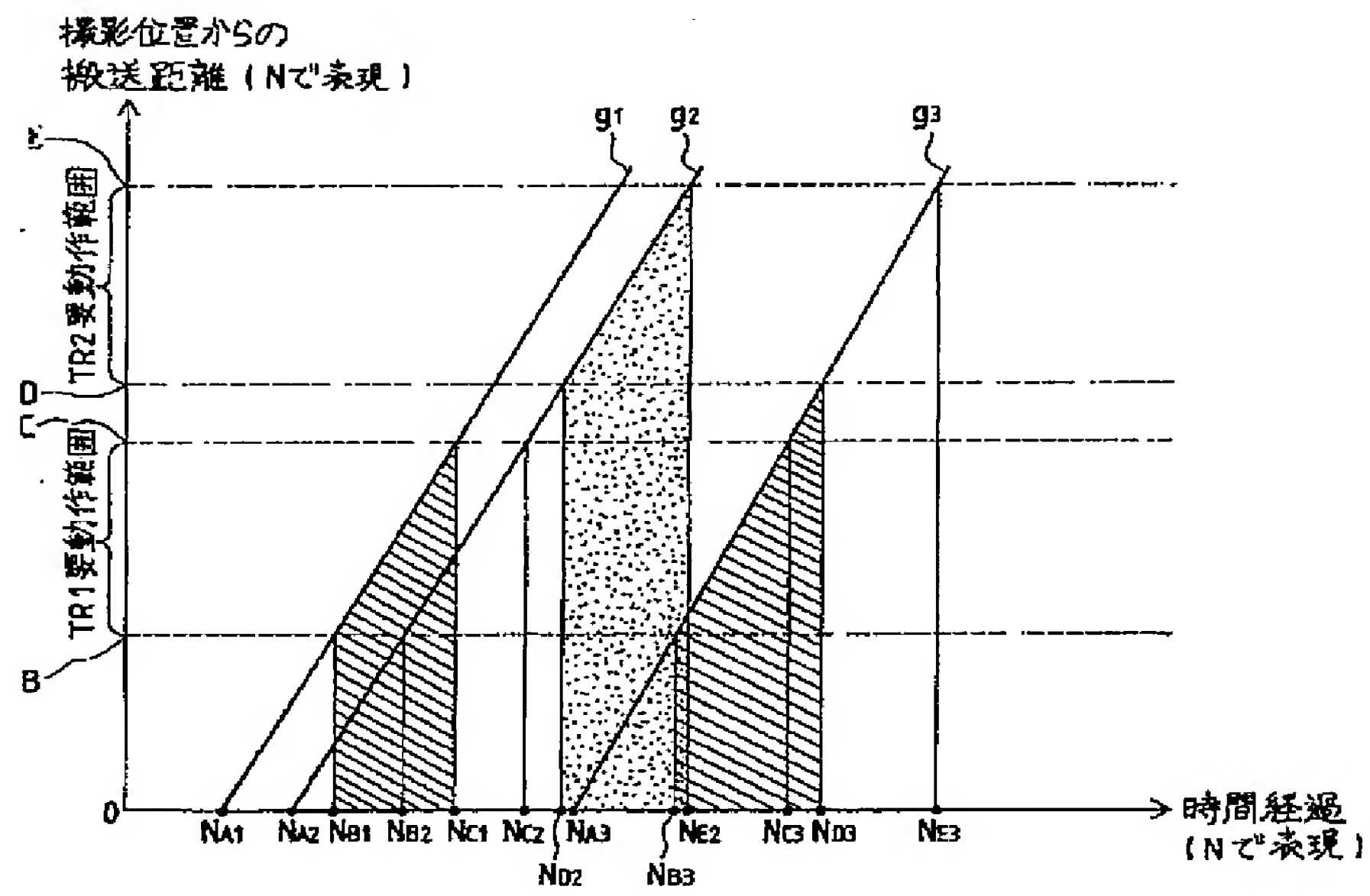
【図4】



【図7】



【図8】



【図9】

